

⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 29 47 937 A 1

⑬ Int. Cl. 3:  
G 01 M 13/04

⑭ Anmelder:  
Kolitsch, Jörg, Dipl.-Ing., 8000 München, DE; Berndt,  
Wolfgang, Ing.(grad.), 8162 Schliersee, DE

⑮ Aktenzeichen: P 29 47 937.6  
⑯ Anmeldetag: 26. 11. 79  
⑰ Offenlegungstag: 26. 11. 81

⑱ Erfinder:  
gleich Anmelder

⑲ Recherchenergebnis gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG:  
GB 15 14 792

⑳ Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung von Wäldererschäden

DE 29 47 937 A 1

DE 29 47 937 A 1

2947937

Wolfgang Berndt, Ing. grad.  
Konrad-Dreher-Str. 5  
8162 Schliersee

20. November 1979

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung von Wälzlagenschäden, dadurch gekennzeichnet, daß bei Auftreten eines geometrisch ausgebildeten Schadens die gleichzeitig damit verbundene Änderung der sich zeitlich ändernden örtlichen Beanspruchung in der Kraftwirkungslinie durch den Schaden und durch die mikrokleinen Kontaktflächen der Wälzkörper im Normalbetrieb des Lagers, also unter Last bei bestimmter Drehzahl, gemessen wird und daraus Schadensort und Schadensgröße bestimmt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Messung der örtlichen Beanspruchung zwei oder mehrere Meßfühler verwendet werden, von denen mindestens einer in einem feststehenden Bauteil und mindestens ein weiterer in einem sich drehenden Bauteil sich befindet, und jeder an dem zu ihm sich relativ bewegenden Teile einen Schaden aufspürt, der sich als signifikante Meßsignaländerung von bestimmter zeitlicher Dauer auswirkt, die mit der Frequenz der Drehzahl oder Vielfachem davon auftritt, und somit der Schadensort bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schadensgröße ( $s$ ) aus der zeitlichen Dauer der signifikanten Meßsignaländerung ( $T$ ), die der Schadensüberrolldauer

130048/0002

ORIGINAL INSPECTED

durch einen Wälzkörper entspricht, und den geometrischen Abmessungen der Lagerbauteile (BD, PD) sowie der Drehzahl ( $n_i$ ) berechnet wird.

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß an den Teilen der Lageraufnahme sowohl außerhalb (1) des Lageraußenringes als auch innerhalb (2) des Lagerinnenringes Meßfühler, z. B. Dehnungsmeßstreifen (DMS) angebracht sind, die die örtliche Beanspruchung in ein elektrisches Signal (3) umwandeln, welches mit Hilfe einer elektronischen Schaltung (4) nach Schadensort und Schadensgröße ausgewertet wird.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Meßfühler (1), der sich von der Drehachse aus gesehen außerhalb der Wälzkörper (5) befindet, auf dem Grund einer Nut (6) angebracht ist, die am Außendurchmesser der Aufnahme (7) des Lageraußenringes (8) eingestochen ist, und daß die Aufnahme mit dem Lageraußenring kraftschlüssig verbunden ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Meßfühler (2), der sich zwischen Drehachse und dem Wälzkörper befindet, auf dem Grund einer Innen-Nut (9) einer Buchse (10) angebracht, die auf der Welle (11) kraftschlüssig mit dem Lagerinnenring (12) verbunden ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Meßfühler (13), der sich zwischen Drehachse und dem Wälzkörper (5) befindet, auf der Innerseite der ausgehöhlten lagertragenden Welle (14) angebracht wird.

130048/0002

ORIGINAL INSPECTED

2947937

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens je ein Meßfühler (15, 16), z. B. Dehnungsmeßstreifen, direkt am Lageraußenring (8) und an Lagerinnenring (12) angebracht sind, die die örtliche Beanspruchung in ein elektrisches Signal (3) umwandeln, welches mit Hilfe einer elektronischen Schaltung (4) nach Schadensort und Schadensgröße ausgewertet wird.

130048/0002

Wolfgang Berndt, Ing. grad.  
Konrad-Dreher-Str. 5  
8162 Schliersee

20. November 1979

=====

Verfahren und Vorrichtung zur  
Bestimmung von Wälzlagenschäden

=====

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung von geometrisch ausgebildeten Schäden an radial und axial belasteten Wälzlagern sowohl nach Schadensort als auch gleichzeitig nach Schadensgröße durch Ermittlung und Auswertung der sich zeitlich ändernden örtlichen Beanspruchung. Die Erfindung bezieht sich ferner auf Vorrichtungen zur Durchführung dieses Verfahrens.

Als Methoden zur Bestimmung von Wälzlagenschäden sind allgemein bekannt:

Temperatur- und Reibmomentkontrolle, Abhören des Lagers auf Laufgeräusche, Schwingungs- und Verschleißmessungen. Diese Methoden lassen im allgemeinen keine gleichzeitige Aussage über den Schadensort und die Schadensgröße zu. Die Genauigkeit der Bestimmung eines Wälzlagenschadens mit diesen Methoden hängt stark von den individuellen Erfahrungen des Anwenders ab, da keine allgemein gültige Kalibrierung dieser Meßsysteme vorgenommen werden kann. Aus diesem Grunde ist auch keine kontinuierliche automatisierte Lagerüberwachung möglich.

130048/0002

Die Aufgabe der Erfingung ist nun die Schaffung eines Verfahrens, daß unter Verwendung geeigneter Vorrichtungen die Bestimmung eines Wälzlagerschadens exakt und reproduzierbar nach Schadensort und gleichzeitig nach Schadensgröße gestattet, ohne daß das Lager zum Stehen gebracht oder zerlegt werden muß.

Es hat sich gezeigt, daß sich diese Aufgabe in technisch fortschrittlicher Weise lösen läßt, wenn man mindestens je einen Meßfühler zur Bestimmung der örtlichen Beanspruchung an einem sich drehenden und an einem stehenden Bauteil der Lagerung in der Kraftwirkungslinie anbringt. Im allgemeinen ist das zu überwachende Lager mit einer bestimmten konstanten Axial- oder Radiallast belastet und dreht sich mit bestimmter Drehzahl. Solange das Lager schadensfrei ist, ist an den Meßfühlern eine sinusartig schwellende Beanspruchung festzustellen, hervorgerufen durch die Überrollungen der Wälzkörper.

Das erfindungsgemäße Verfahren beruht auf der Erkenntnis, daß die örtliche Beanspruchung in der Kraftwirkungslinie durch einen geometrisch ausgebildeten Schaden beim Überrollen durch einen Wälzkörper eine andere ist als im Falle, daß das Lager schadensfrei ist. Die örtliche Beanspruchung ändert sich, da der Wälzkörper weniger stark belastet wird, wenn an der Laufbahnoberfläche oder an der Wälzkörperoberfläche eine Vertiefung ist.

Tritt z. B. ein Schaden am Außenring des Lagers auf, dann wird dieser durch den sich an einem Innenteil der Lagerung befindlichen Meßfühler als impulsförmige Änderung der örtlichen Beanspruchung aufgenommen und äußerst sich somit als Verformung des quasisinusförmigen Kurvenverlaufes des Meßsignales. Diese Verformung tritt immer dann auf, wenn der Meßfühler unter dem Außenringsschaden vorbeidreht, also einmal je Umdrehung. Somit "tastet" der innere Meßfühler Schäden am Außenring ab, umgekehrt gilt analoges für einen Meßfühler an einem äußeren Lagerungsbauteil. Im Falle eines Wälzkörperschadens ist an beiden Meßfühlern eine Beanspruchungsänderung festzustellen. Somit läßt sich der Schadensort bestimmen.

2947937

Von den gewonnenen Meßsignalen werden Impulsbreite und Impulshöhe mit einer Elektronik ausgewertet. Die Impulshöhe ist ein Maß für die Schadenstiefe in der Wälzkörperlaufbahn bzw. am Wälzkörperumfang, während die Impulsbreite ein Maß für die Schadensabmessung in Drehrichtung darstellt. Praktische Versuche haben bezeigt, daß ein Laufbahnschaden für eine bestimmte Last nur eine bestimmte Schadenstiefe erreicht. Somit ist vor allem die Schadensabmessung in Drehrichtung interessant. Sie kann entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren aus der Wälzkörperumfangsgeschwindigkeit und der Wälzkörperüberrolldauer des Schadens ermittelt werden. Die entsprechende Formel (Eschrann-Hasbargen-Weigard: Die Wälzlagertechnik, Verlag von A. Oldenbourg, München, 1953) dafür lautet:

$$s = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot n_i \cdot FD \left\{ 1 - \left( \frac{BD}{FD} \right)^2 \right\} \cdot T \quad (I)$$

Darin bedeutet  $s$  die Schadensabmessung in Umfangrichtung,  $n$  die Drehzahl der Welle,  $PD$  der Teilkreisdurchmesser der Wälzkörper,  $BD$  der Durchmesser der Wälzkörper und  $T$  die Schadensüberrolldauer.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann eine Vorrichtung verwendet werden, wie sie in Figur 1 bis Figur 5 schematisch dargestellt ist.

Figur 1 zeigt ein Schnittbild eines radial wirkenden Wälzlagers. Der feststehende Außenring 8 des Lagers steht in kraftschlüssiger Verbindung mit einem Lagergehäuse 7, welches am Außendurchmesser eine Nut 6 trägt, auf deren Grund ein Dehnungsmeßstreifen 1 appliziert ist. Der Innenring 12 hat kraftschlüssige Verbindung zu einer Buchse 10 auf einer Welle 11, die sich mit der Drehzahl  $n_i$  dreht. Die Buchse hat an ihrer Innenseite eine Nut 9, auf deren Grund der Dehnungsmeßstreifen 2 appliziert ist. Die Meßsignale 3 des inneren Dehnungsmeßstreifen 2, die z. B. über Schleifringübertrager nach außen geführt werden und die Meßsignale 3 des äußeren Dehnungsmeßstreifen 1 werden mittels Verstärker 17 und einer Auswerteelektronik 4 weiterverarbeitet. Die Auswerteelektronik ermittelt den Schadensort und die Schadensgröße nach der vorher bezeichneten Formel I.

130048/0002

**ORIGINAL INSPECTED**

Figur 2 zeigt eine weitere Ausführungsform, die darin von der in Figur 1 gezeigten abweicht, daß der Lagerinnenring 12 direkte kraftschlüssige Verbindung mit einer Hohlwelle 14 hat, an deren Innenseite ein Dehnungsmeßstreifen 13 unter dem Lager appliziert ist.

Figur 3 zeigt eine Ausführungsform, bei der zwei Dehnungsmeßstreifen 15 und 16 direkt im Wälzlagern integriert sind.

Die in Figur 1 bis Figur 3 beschriebenen Ausführungsformen beschränken sich auf Radiallager. Ähnliche Ausführungen sind bei Axiallagern möglich.

Die erfindungsgeräße Vorrichtung kann überall dort zum Einsatz gelangen, wo Wälzlagereinsatz hinsichtlich Lebensdauer, Schadensentstehung und Schadenserkennung untersucht werden, oder wo der Ausfall eines Lagers hohe Kosten verursachen würde. Ein wesentlicher Vorteil ist darin zu sehen, daß eine definierte Schadensgröße im Normalbetrieb für jeden Wälzlagertyp und für jede Lagergeometrie bestimmt werden kann. Bei Verwendung von Dehnungsmeßstreifen als Meßfühler ist das Meßergebnis weitgehend unabhängig von äußeren Einflüssen wie z. B. Freudschwingungen und Temperaturdrift. Im Gegensatz zu üblichen Verfahren liefert die erfindungsgemäße Vorrichtung reproduzierbare Ergebnisse und funktioniert auch bei Lagern mit rollenförmigen Wälzkörpern.

• 8.  
Leerseite

9.  
2947937

Nummer:  
Int. Cl. 3:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

29 47 937  
G 01 M 13/04  
28. November 1979  
26. November 1981

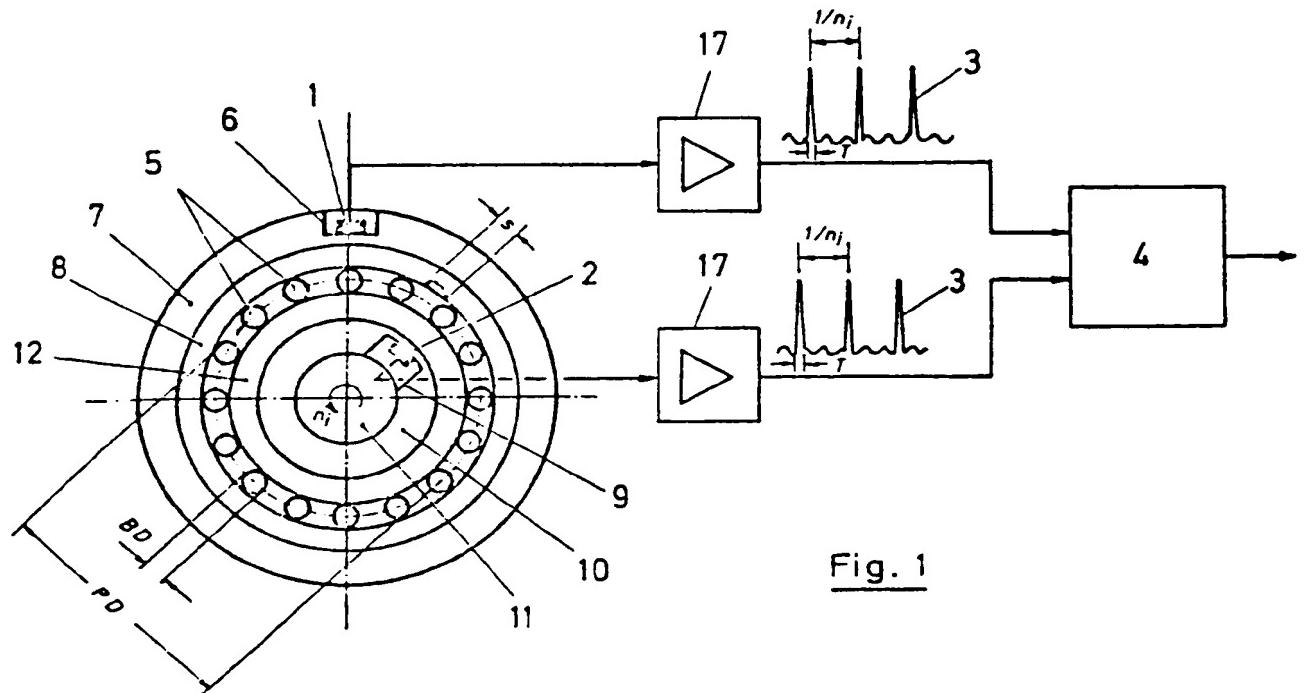


Fig. 1

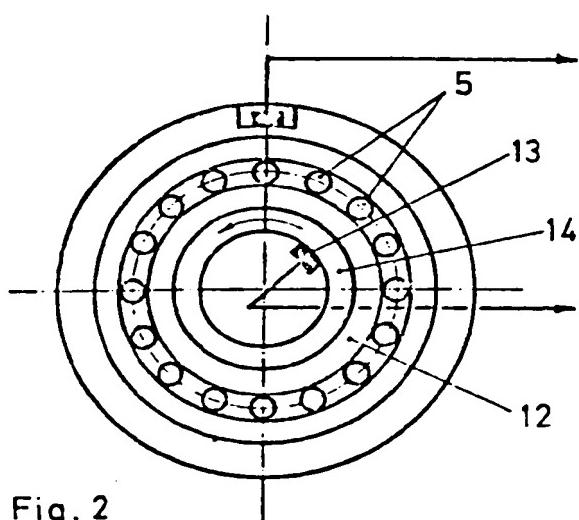


Fig. 2

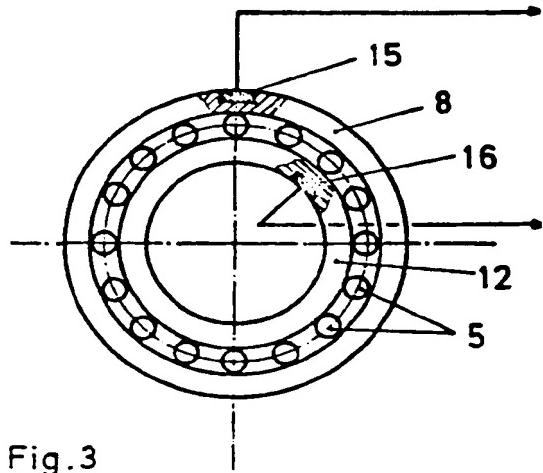


Fig. 3

130048/0002